

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 24 NOV 2000

WIPO

PCT

DE 00/3461

4 **Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 199 47 033.2
Anmeldetag: 30. September 1999
Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft,
München/DE
Bezeichnung: Lichtwellenleiter und faseroptischer Iso-
lator
IPC: G 02 B, G 02 F

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 02. November 2000
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Seiler



Beschreibung

Lichtwellenleiter und faseroptischer Isolator

- 5 Die Erfindung betrifft einen Lichtwellenleiter und einen den Wellenleiter enthaltenden faseroptischen Isolator.

Optische Faserbauteile und Sensoren gewinnen bei der Übertragung und Verarbeitung von Signalen in optischen Kommunikations-
10 onssystemen und vielen optischen Faservorrichtungen/-systemen zunehmend an Bedeutung. Optische Faservorrichtungen/-systeme enthalten üblicherweise mindestens eine lichtübertragende optischen Faser (Lichtwellenleiter, Glasfaser), eine signalverarbeitende Komponente und/oder einen Sensor sowie eine kohä-
15 rente Strahlungsemittierende Quelle (Laser bzw. Laserdiode).

Bei der Übertragung der Signale über sehr lange Strecken, beispielsweise bei einer interkontinentalen Übertragung, ist es erforderlich, das optische Signal in regelmäßigen Abständen
20 zu verstärken.

Bei den meisten optischen Fasersystemen ist sicherzustellen, daß Lichtsignale nicht in die Laserlichtquelle oder die optischen Verstärker zurückgestreut werden, da dies zu unerwünschten Oszillationen führen kann. Außerdem erhöht das zurückgestreute Licht den Rauschpegel im System.

Zur Lösung dieses Problems werden Isolatoren in optische Fasersysteme und optische Verstärker eingebaut. Diese gewährleisten, daß Licht nur in eine Richtung übertragen, die Ausbreitung in entgegengesetzter Richtung hingegen weitgehend
30 unterbunden wird.

Ein häufig verwendeter optischer Isolator ist der sogenannte
35 "Bulk"-Isolator. Zwischen zwei Polarisatoren, deren Polarisationsrichtungen zueinander unter einem Winkel von 45° angeordnet sind, befindet sich ein doppelbrechendes Element, das so beschaffen ist, daß Licht, das in eine Richtung eintritt, in der entgegengesetzten Richtung nicht zurückreflektiert wird.

- tionsrichtungen einen Winkel von 45° einschließen, ist hier
-
- ein einem äußeren Magnetfeld ausgesetzter magnetooptischer Kristall angeordnet. Aufgrund des magnetooptischen Effekts (Faraday-Effekt) wird die Polarisationssebene des einfallenden
- 5 Lichts, unabhängig von deren anfänglicher Orientierung, um 45° gedreht. Das einfallende, linear polarisierte Licht durchläuft somit den die Polarisationssebene um 45° drehenden ersten Polarisator, so daß es den zweiten Polarisator ungeschwächt durchlaufen kann. Die Polarisationssebene des zum
- 10 zweiten Polarisator gelangenden zurückgestreuten Lichts, wird ebenfalls um 45° gedreht, ist damit um 90° gegenüber der Polarisationsrichtung des ersten Polarisators verschoben und kann diesen nicht passieren.
- 15 Ebenfalls bekannt ist die Verwendung eines magnetooptischen Films anstelle eines magnetooptischen Kristalls.

- Neben diesen "Bulk"-Isolatoren kommen auch sogenannte "All-Fibre"-Isolatoren zum Einsatz (siehe beispielsweise US-A-
- 20 5,479,542) Obwohl bei diesem Isolatortyp der magnetooptische Effekt in der Glasfaser ausgenutzt wird, ist eine zusätzliche Vorrichtung zur Erzeugung eines äußeren Magnetfelds erforderlich. Dies hat den Nachteil, daß die optischen Bauteile vergleichsweise groß sind und nicht in das Kabel eingebaut werden können. Darüber hinaus sind die genannten Isolatoren äußerst Temperatur- oder Feuchtigkeitsempfindlich. Sie müssen daher vor Umwelteinflüssen geschützt in einem geschlossenen Behältnis, beispielsweise einer Muffe, angeordnet werden. Bei bestimmten Netzinfrastrukturen, wie Seekabel- oder Luftkabel-
- 5
- 30 netzen ist dies aber entweder nicht oder nur mit großem Aufwand möglich.

- Aufgabe der Erfindung ist es daher, einen als Polarisationsdreher dienenden und in ein Lichtwellenleitersystem integrierbaren Lichtwellenleiter zu schaffen.
- 35

Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, einen faseroptischen Isolator bereitzustellen, der die vorangehend erwähnten Nachteile vermeidet.

5

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch einen Lichtwellenleiter nach Anspruch 1 und durch einen optischen Isolator nach Anspruch 6 gelöst. Die Unteransprüche betreffen weitere vorteilhafte Aspekte der Erfindung.

10

Der erfindungsgemäße Lichtwellenleiter enthält einen Kern, dessen Material einen hinreichend großen Faraday-Effekt aufweist, sowie eine magnetische oder magnetisierbare äußere Beschichtung, welche im Kern ein den Faraday-Effekt hervorru-
fendes ~~permanentes~~ Magnetfeld erzeugt. Ein derartiger Wellenleiter kann in gängige Wellenleitersysteme integriert und mit anderen Lichtwellenleitern (Glasfasern, LWL-Adern, LWL-Faserbündchen usw.) leicht verbunden, insbesondere verspleißt werden.

20

Entsprechend einem erfindungsgemäßen Aspekt ist die äußere Beschichtung durch zwei Halbschalen gebildet, wobei eine Halbschale den magnetischen Südpol und die andere Halbschale den magnetischen Nordpol bildet. Das von den Halbschalen erzeugte Magnetfeld kann hierbei relativ schwach sein, sofern man die Wirklänge, also die Länge der den Faserkern konzentrisch umhüllenden Halbschalen entsprechend groß, beispielsweise 10 m, wählt.

Als besonders vorteilhaft hat sich erwiesen, den üblicherweise aus Quarzglas bestehenden Faserkern mit YIG-Material zu dotieren, das einen hinreichend großen Faraday-Effekt zeigt.

Vorzugsweise wird der erfindungsgemäße Lichtwellenleiter als Einzel-Wellenleiter verwendet.

Der erfindungsgemäße optische Isolator ist ein faseroptischer Isolator mit zumindest einem Polarisationssteller und einem Polarisationsdreher mit einem Lichtwellenleiter, der einen Kern, der einen hinreichend großen Faraday-Effekt aufweist, und der eine äußere Beschichtung hat. Erfindungsgemäß ist die

5 Kern, der einen hinreichend großen Faraday-Effekt aufweist, und der eine äußere Beschichtung hat. Erfindungsgemäß ist die äußere Beschichtung derart ausgestaltet, daß sie in dem Kern ein permanentes Magnetfeld erzeugt.

10 Entsprechend einem weiteren vorteilhaften Aspekt der Erfindung umfaßt der Polarisator eine polarisationserhaltende oder polarisationsdrehende Glasfaser, wobei die Fasern des Polarisators und des Polarisationsdrehers einstückig als verspleißte, durchgehende, optische Glasfaser ausgebildet sind.

15 Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung im Zusammenhang mit den beiliegenden Zeichnungen, in denen zeigt:

- 20 Fig. 1 den schematischen Aufbau eines bekannten "Bulk"-Isolators;
- Fig. 2 die wesentlichen Elemente eines erfindungsgemäßen optischen Isolators und
- Fig. 3 den erfindungsgemäßen Lichtwellenleiter im Querschnitt.

Zum besseren Verständnis der Erfindung wird zunächst unter Bezug auf Fig. 1 ein herkömmlicher optischer Isolator beschrieben. Über ein einen Lichtwellenleiter 27 (Glasfaser, Glasfaserader) enthaltendes Glasfaserkabel 21 gelangt ein

30 Lichtsignal in den optischen Isolator 23 und über einen weiteren Lichtwellenleiter 27 in ein weiteres Glasfaserkabel 25. Die Glasfasern 21 und 27 bestehen jeweils aus einem Kern (Brechungsindex n_K) und einem Mantel (Cladding: Brechungsindex $n_M < n_K$).

35

Der Isolator besteht aus einem Polarisator und einem Polarisationsdreher, wobei man das einfallende Licht über eine Steckverbindung oder einen Spleiß 31 in den Polarisator ein-

5 koppelt. Der Polarisationsdreher bewirkt eine Drehung der Polarisationsrichtung des einfallenden Signallichts um 45° . Das in der Polarisationsrichtung gedrehte Licht verläßt den Isolator über eine weitere Steckverbindung oder einen Spleiß 33.

10 Zum Schutz des Isolators ist ein Gehäuse 35 vorgesehen, das die Steckverbindungen/Spleiße 31/33, den Polarisator und die Polarisationsdreher enthält.

Die Drehung der Polarisationsrichtung durch den Polarisationsdreher wird mittels des elektrooptischen Effekts erzielt. Hierfür wird ein Magnetfeld an einen geeigneten Kristall ange-

15 gelegt.

Das Ausmaß der Drehung (Drehwinkel Φ der Polarisationssebene) berechnet sich zu:

20

$$\Phi = R \cdot l \cdot H,$$

wobei l die Länge, H die magnetische Feldstärke und R die material- und frequenzabhängige Verdet'sche-Konstante bezeichnet.

Dementsprechend enthält die in Fig. 1 gezeigte Vorrichtung ein ein permanentes Magnetfeld erzeugendes Mittel 39, das in

30 den auf einer Befestigungsplatte 39 sitzenden Isolator 23 integriert ist.

Die in Fig. 1 gezeigte Vorrichtung hat den Nachteil, daß sie nicht im Kabel integriert ist, sondern daß das Gehäuse über

35 das Kabel hinausragt. Dies erschwert eine Verlegung des Ka-

bels auf größeren Strecken, etwa bei Überseekabeln und ähnlichen.

Fig. 2 zeigt eine Skizze eines erfindungsgemäßen Isolators. Erfindungsgemäß ist der Isolator als faserförmiges Element in das Kabel 13 integriert. Das Kabel 13 weist zwei Lichtwellenleiter 1 auf, die über den aus einem Polarisator-Lichtwellenleiter 1A und einem Polarisationsdreher-Lichtwellenleiter 1B bestehenden optischen Faserisolator miteinander verbunden sind. Mit 2,4,6 sind die jeweiligen Spleißverbindungen zwischen den jeweiligen Elementen bezeichnet. Damit sind der Polarisator und der Polarisationsdreher in Wellenleiterform in das Kabel 13 integriert. Als Polarisator wird eine polarisierende Faser 1A (die einfallende Strahlung ist nicht polarisiert) oder eine polarisationserhaltende Faser 1A (die einfallende Strahlung ist bereits linear polarisiert) verwendet. Als Polarisationsdreher wird eine in Fig. 3 im Querschnitt dargestellte Spezialglasfaser 1B eingesetzt. Die Länge der als Polarisator dienenden Glasfaser 1A kann relativ kurz sein (unter 5 m). Die Länge der polarisationsdrehenden Glasfaser 1B hängt hingegen von der Wellenlänge der verwendeten Strahlung, der Verdet'schen Konstante R des Kernmaterials und der Stärke H des Magnetfelds ab. Durch die obengenannte Bauweise sind auch die durch den optischen Isolator hervorgerufenen Dämpfungen gering.

Fig. 3 zeigt den schematischen Aufbau des polarisationsdrehenden Wellenleiters 1B. Dieser besteht aus einem Glasfaserkern 11 mit einer positiven Verdet'schen Konstanten R. Der Glasfaserkern 11 ist von einem Mantel 3 (Cladding) umgeben. Auf den Mantel 3 ist eine Beschichtung 5 aufgebracht, welche aus einem magnetischen oder magnetisierbaren Material besteht. Die Beschichtung 5 erzeugt das magnetische Feld am Ort des Glasfaserkerns 11. Vorzugsweise ist hierfür die magneti-

sche Beschichtung in zwei Halbschalen unterteilt, die jeweils
den magnetischen Nordpol bzw. Südpol bilden.

Entsprechend einer bevorzugten Ausführungsform wird der Glas-
 5 faserkern 11 mit einem Material dotiert, welches eine ausrei-
 chend große Verdet'sche Konstante R besitzt. Ein Beispiel
 hierfür ist im Bereich einer Wellenlänge $\lambda > 1.500 \text{ nm}$ das Ma-
 terial YIG (Yttrium-Iron-Garnet). Dieses besitzt einen Dreh-
 winkel von $175^\circ/\text{cm}$ bei 10^4 Gauss (1 T).

10

Aufgrund der sehr großen Wechselwirkungslängen von einigen
 10 m reicht es aus, daß die Beschichtung 5 ein relativ schwa-
 ches Magnetfeld erzeugt. Unter den obengenannten Vorausset-
 zungen und einer Wechselwirkungslänge von $l = 10 \text{ m}$ ist für
 15 eine Drehung um 45° ein Magnetfeld von 2,6 Gauss (260 μT)
 ausreichend.

$$H = \frac{\Phi}{R \cdot l}$$

20

$$H = \frac{45^\circ}{175^\circ/\text{cm} \cdot 10\text{m}} \cdot 10^4 \text{ G}$$

$$H = 2,6 \text{ G}$$

Als Beschichtung 5 kommen insbesondere die aus der Daten- und
 15 Tonaufzeichnungstechnik bekannten magnetischen oder magneti-
 sierbaren Materialien/Dünnschichten in Betracht.

Neben der Kleinheit im Durchmesser des so gebauten Polarisationsdrehers, der die Integration in das Kabel erlaubt, ist
 30 die Möglichkeit des einfachen Verbindens durch Fusionssplei-
 ßen gegeben, was die Reflektion an der Verbindungsstelle er-
 heblich verringern kann. In Kombination mit einer polarisie-
 renden oder polarisationserhaltenden Glasfaser als Polarisator ist es somit möglich, einen optischen Isolator auszubil-
 35 den, der vollständig in dem Kabel integriert ist.

Obwohl vorangehend die Erfindung unter Bezugnahme auf eine spezielle Ausführungsform beschrieben wurde, ist die Erfindung hierauf nicht beschränkt. Beispielsweise kann anstelle

5 der Dotierung mit YIG eine Dotierung mit anderen Materialien mit einer geeigneten Verdet'schen Konstanten erfolgen. Als Materialien für die magnetische Beschichtung bieten sich sol-

10 che Materialien an, die beispielsweise für die magnetische Beschichtung von Datenträgern verwendet werden. Es ist möglich, die Magnetisierung der Beschichtung erst nach dem Auf-

11 bringen der Beschichtung auf dem Mantel 3 des Glasfaserkerns zu bewirken.

Patentansprüche

1. ~~Lichtwellenleiter mit einem~~ ~~einen~~ hinreichend großen Faraday-Effekt aufweisenden Faserkern (11), einem Fasermantel (3) und einer äußeren Beschichtung (5),
dadurch gekennzeichnet, dass
die äußere Beschichtung (5) aus einem magnetische Eigenschaften aufweisenden oder magnetisierbaren Material besteht.
2. Lichtwellenleiter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die äußere Beschichtung (5) in zwei Halbschalen (7, 9) unterteilt ist, deren magnetische Ausrichtung zueinander entgegengesetzt ist.
3. ~~Lichtwellenleiter nach Anspruch 1,~~ dadurch gekennzeichnet, dass der Kern (11) mit YIG-Material ~~dotiert~~ ist.
4. Lichtwellenleiter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Lichtwellenleiter ein Einzel-Wellenleiter ist.
5. Optischer Isolator mit einem Polarisator (15) und einem Polarisationsdreher (13) mit einem Lichtwellenleiter, der einen den Faraday-Effekt zeigenden Faserkern, einen Fasermantel (3) und eine äußere Beschichtung (5) enthält,
dadurch gekennzeichnet, dass die äußere Beschichtung (5) ein permanentes Magnetfeld in dem Kern (11) erzeugt.
6. Optischer Isolator nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Polarisator (15) eine polarisationserhaltende oder polarisationsdrehende Glasfaser umfaßt, wobei die Fasern des Polarisators (15) und des

Polarisationsdrehers (13) einstückig als verspleißte, durch-
gehende optische Glasfaser ausgebildet sind.

7. Optischer Isolator nach Anspruch 5, d a d u r c h g e -
5 k e n n z e i c h n e t, d a s s die äußere Beschichtung
(5) des Lichtwellenleiters in zwei Halbschalen (7, 9) unter-
teilt ist, deren magnetische Ausrichtung zueinander entgegen-
gesetzt ist.
- 10 8. Optischer Isolator nach Anspruch 5, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t, d a s s der Kern (11) mit YIG-Ma-
terial dotiert ist.
- 15 9. Optischer Isolator nach Anspruch 5, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t, d a s s der Lichtwellenleiter ein
Einzel-Wellenleiter ist.

